

108 PDM-FSK信号を用いた 半導体レーザの周波数安定化

渡部博道 東 秀樹 石黒 誠 佐藤 孝
大河正志 丸山武男 榎葉 賢*

新潟大学 工学部 *東京電機大学 工学部

1. まえがき

我々は、これまでRb原子の吸収線を用いて、半導体レーザの直接FSK変調時の周波数安定化を行ってきた。その際、安定度改善の一つの方法として包絡線検波の原理を応用したピークホールド方式を考案し安定度の向上を実現してきた⁽¹⁾。

今回は、情報を伝送する実際の光通信の送信システムを想定し、デューティレシオの違うパルス信号の組み合わせをいろいろと変えたPDM-FSK (Pulse Duration Modulation-Frequency Shift Keying) を変調方式として用いて、模擬的実験を行い、ピークホールド方式の有効性を確認したので報告する。

2. 実験方法

図1(a)のように、FSKを行いながらレーザの発振周波数を吸収線付近で掃引させると、図1(b)の実線で示した透過光強度が得られる。従来方式(以下、FULL方式)では、この信号を図2の実験系で示すように、ロックインアンプで同期検波を行い、基準周波数との誤差信号を得ている。そして、この誤差信号をもとにした制御信号を注入電流にフィードバックすることで安定化を行っている。なお、ロックインアンプで同期検波を行うため、注入電流は微小な正弦波で変調されている。情報信号は注入電流にPDM-FSK信号を重ねし、光による二値FSKを行うことで導入するシステムを想定した。FULL方式によってこの信号から得られる吸収波形は、信号の変化が速いので変化の平均出力に応答する図1(b)の太線で示した波形となる。これによって得られる一次微分波形の安定化点Pにおける傾きは無変調時よりも小さくなるため、制御信号が劣化し安定度が低下する。それを防ぐためにピークホールド方式(以下、PEAK方式)を考案した。この方式は、変動する信号のうち包絡線検波の原理を用いて強い方の透過光強度信号を取り出し、図1(c)のような波形を得、ロックインアンプに入力し、その微分波形として図1(d)を得るものである。図1(d)で安定化点Pでの傾きが大きくなっているため、より良い制御信号を得られることになる⁽¹⁾。ここでは、これら2つの方式(FULL方式、PEAK方式)を用いて安定化の実験を行った。

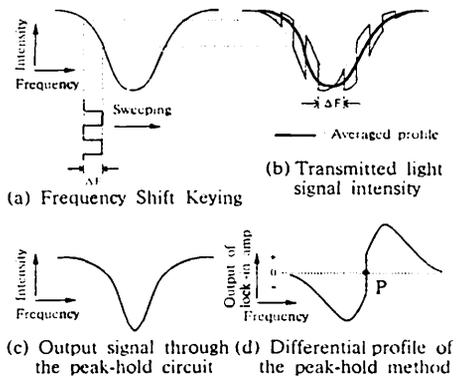


図1 ピークホールド方式の原理

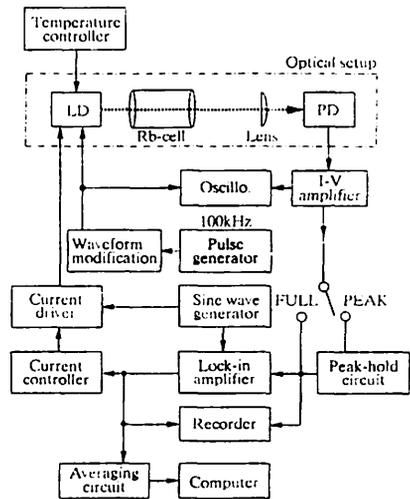


図2 実験系

次に、今回用いたPDM-FSKについて説明する。図3(a)に示したものが強度変調であり、光の強弱または有無を“1”、“0”に対応させる変調方式である。図3(b)に示したのがFSKであり、発振周波数の高低を“1”、“0”に対応させる変調方式である。しかしこの方式では“1”または“0”が連続すると、1つの周波数成分のみの光となるため、PEAK方式ではその動作原理から、制御信号改善の効力が失われてしまう。そのため、図3(c)に示したようなPDM-FSKを用いることを検討した。ここでは、高い周波数の信号の持続時間として定義したデューティレシオが2/3であるときを“1”、1/3であるときを“0”とする変調方式を採用しており、どのような信号に対してもPEAK方式が適用可能となると考えられる。今回は、デューティレシオ1/3と2/3の2種類の信号が連続する回数を、7:7、3:7、1:9の3通りに設定して安定化を行った。また、良好なFSKを実現するため波形整形回路を用いて実験を行った。安定度の評価は、誤差信号をコンピュータに取り込みアラン分散の平方根を計算することで行った⁽²⁾。

3. 実験結果と検討

図4に安定化の実験結果を示した。デューティレシオの違うパルスの組み合わせを変えたどの場合でも、PEAK方式を用いることでFULL方式よりも安定度が良くなっていることがわかる。これは、PEAK方式では、デューティレシオに左右されずに常に一定の安定度を得ることができ、しかもFULL方式に比べて鋭い制御信号を得ることができるためであると思われる。

4. まとめ

様々なPDM-FSK信号を用いたときでも、PEAK方式を用いることによりほぼ一定で良好な安定度が得られた。これにより、実際のコヒーレント光通信で複雑な情報を伝達する際にも、最も重要である揺らぎのない発振周波数を得ることが可能になると思われる。

今後は、実用に近付けるために高い変調周波数で安定化を行う予定である。

参考文献

- (1)小林吉久、水本潤一、佐藤孝、榎葉實：“改善された直接FSK変調によるPEAK方式を用いた半導体レーザーの発振周波数安定化”、電学論、Vol.J69-C, No.5, pp.309-314 (May, 1993).
- (2)D.W.Allan：“Statistics of atomic frequency standards”, Proc. IEEE, Vol.54, pp.221-230 (Feb. 1966)

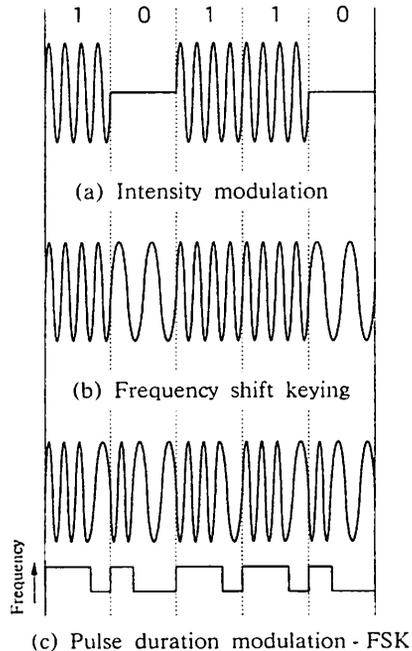


図3 変調方式の比較

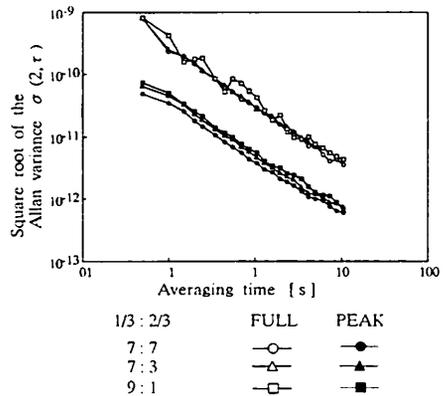


図4 FULL方式とPEAK方式における安定度の比較